

Anna Rajtar-Zembaty^{1,2}, Jakub Rajtar-Zembaty³, Anna Starowicz-Filip¹,
Barbara Skalska-Dulińska², Iwona Kinga Czechowicz¹, Anna Skalska⁴

Received: 10.03.2015
Accepted: 31.03.2015
Published: 30.04.2015

Stop walking when talking, czyli związek funkcji poznawczych z kontrolą chodu Stop walking when talking – a relationship between cognitive functions and gait control

¹ Katedra Psychiatrii, Wydział Lekarski, Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum w Krakowie, Polska

² Nowa Rehabilitacja – Centrum Medyczno-Rehabilitacyjne Kraków-Południe, Polska

³ Akademia Wychowania Fizycznego im. Bronisława Czecha w Krakowie, Polska

⁴ Katedra Chorób Wewnętrznych i Gerontologii, Uniwersytet Jagielloński, Collegium Medicum w Krakowie, Polska

Adres do korespondencji: Anna Rajtar-Zembaty, Katedra Psychiatrii, Wydział Lekarski Uniwersytetu Jagiellońskiego, ul. Mikołaja Kopernika 21 A, 31-501 Kraków, e-mail: anna.maria.rajtar@gmail.com

Streszczenie

Współcześnie powstaje coraz więcej doniesień naukowych podkreślających znaczenie sprawności funkcji poznawczych w kontroli motorycznej. Uważa się, że chód angażuje także wyższe procesy psychiczne: funkcje wykonawcze, uwagę i pamięć operacyjną. Funkcje wykonawcze obejmują takie procesy poznawcze, jak zdolność do inicjowania, planowania, modyfikowania i kontroli zachowania. Pełnią integracyjną funkcję w przetwarzaniu informacji – obejmują elementy poznawcze i behawioralne niezbędne do skutecznego działania, zorientowanego na cel. Funkcje wykonawcze odgrywają kluczową rolę w regulacji chodu w przypadku podejmowania nowych czynności bądź modyfikowania uprzednio wyuczonych programów ruchowych. Jak dowodzą badania neuroobrazowe, dla chodu, funkcji wykonawczych i uwagi istnieje wspólny wzorzec aktywności neuronalnej, obejmujący korę czołową i jej korowo-podkorową sieć neuronalną. W wielu badaniach wykazano, że osłabienie funkcji wykonawczych może przyczyniać się do powstawania zaburzeń chodu i zwiększać ryzyko upadków. Funkcje wykonawcze umożliwiają modyfikowanie wzorców ruchowych, jak również wprowadzanie adaptacyjnych strategii kompensacyjnych w odpowiedzi na zmieniające się bodźce – pochodzące ze środowiska zarówno wewnętrznego, jak i zewnętrznego. Badania w paradygmacie podwójnego zadania podkreślają też znaczenie uwagi w utrzymaniu kontroli chodu. Dodanie zadania angażującego funkcje poznawcze przekłada się w grupie ludzi starszych na spowolnienie chodu. Częstość upadków jest wyższa u osób z otępieniem. Identyfikacja poznawczych czynników ryzyka upadków może pozwolić na opracowanie skuteczniejszych metod diagnostycznych i terapeutycznych. Celem niniejszej pracy jest próba wyjaśnienia mechanizmów relacji między funkcjami poznawczymi – funkcjami wykonawczymi i uwagą – a ryzykiem upadków.

Słowa kluczowe: chód, funkcje wykonawcze, uwaga, pamięć operacyjna, ryzyko upadków

Abstract

Nowadays, more and more scientific reports highlight the importance of cognitive skills in motor control. It is believed that movement also engages higher mental processes such as executive functions, attention and working memory. Executive functions include cognitive processes, such as the ability to initiate, plan, modify and control behaviour. They play an integrative role in the processing of information, including both cognitive and behavioural elements, necessary for goal-directed and effective action. Executive functions play a key role in the regulation of gait in the case of taking new steps or modifying previously learned motor programmes. Neuroimaging studies show that there is a common pattern of neural activity for walking, executive functions and attention, involving the frontal cortex and cortico-subcortical neuronal network. Many studies have shown that the impairment of executive functions may contribute to gait disturbances and increased risk of falls. Executive functions allow movement patterns to be modified, and enable the introduction of adaptive compensatory strategies in response to changing internal and external environmental stimuli. Studies with dual-task paradigm also stress the importance of attention in maintaining the control over gait. The addition of a cognitive task slows gait in the elderly. The incidence of falls is higher in subjects with dementia. The identification of cognitive risk factors of falls may allow more effective diagnostic and therapeutic methods to be developed. The aim of this study was to elucidate the relationship between cognitive function, i.e. executive functions and attention, and the risk of falls.

Key words: gait, executive functions, attention, working memory, fall risk

WSTĘP

Upadki osób starszych to jeden z wielkich problemów geriatrycznych. Uważa się, że w ciągu roku jedna trzecia ludzi po 65. roku życia doświadcza przynajmniej pojedynczego upadku (Sattin, 1992). Zarówno fizyczne, jak i psychiczne następstwa upadków mogą powodować spadek jakości funkcjonowania w życiu codziennym. Szczególnie konsekwencje fizyczne i lęk przed kolejnym upadkiem skutkują ograniczeniem aktywności osób starszych lub ich unieruchomieniem. Ponadto upadki mogą prowadzić do urazów, instytucjonalizacji, a nawet do śmierci w wyniku powikłań (Tinetti i Williams, 1997). Upadki są uwarunkowane wieloczynnikowo. Najogólniej dzieli się je na uwarunkowane wewnętrznie i zewnętrznie. Wewnętrzne czynniki ryzyka upadków wiążą się bezpośrednio ze sprawnością organizmu, a zewnętrzne nie zależą od procesów starzenia się (Borzym, 2009). Do najistotniejszych wewnętrznych czynników ryzyka upadków należą: procesy starzenia się, szeroko rozumiana niepełnosprawność motoryczna, zaburzenia widzenia, zaburzenia funkcji poznawczych i występowanie upadków w przeszłości. Do zagrożeń zewnętrznych, czyli środowiskowych, zalicza się przeszkody i nierówne lub śliskie powierzchnie (Lord *et al.*, 2007; Rubenstein *et al.*, 1990; Shaw, 2002). Współistnienie wewnętrznych czynników ryzyka prowadzi do zmniejszenia indywidualnych zasobów jednostki w radzeniu sobie z trudnościami zewnętrznymi. Zachowanie stabilnej postawy ciała wymaga bowiem koordynacji układu motorycznego i czuciowego w odpowiedzi na zmieniające się bodźce – pochodzące i ze środowiska wewnętrznego, i ze środowiska zewnętrznego. Sprawna koordynacja tych układów jest możliwa dzięki zaangażowaniu procesów motorycznych, ale także wyższych funkcji poznawczych. Celami niniejszej pracy są przegląd badań dotyczących relacji między funkcjami poznawczymi a ryzykiem upadków oraz próba wyjaśnienia mechanizmów leżących u podłoża tych zależności.

NEUROANATOMICZNE SUBSTRATY FUNKCJI WYKONAWCZYCH I CHODU

Tradycyjnie funkcje wykonawcze (*executive functions*, EF) utożsamiane są z korą czołową i jej korowo-podkorową siecią neuronalną. W wielu pracach z użyciem funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (*functional magnetic resonance imaging*, fMRI) w trakcie wykonywania zadań angażujących EF szczególną uwagę zwrócono na aktywność grzbietowo-bocznej części kory przedczołowej (*dorsolateral prefrontal cortex*, DLPFC) i przedniej części zakrętu obręczy (*anterior cingulate cortex*, ACC) (Yogev-Seligmann *et al.*, 2008). Gasquoine (2013) – na podstawie przeglądu badań neuropsychologicznych i neuroobrazowych służącego poszukiwaniu neuronalnych mechanizmów EF – przekonuje, iż przednia część ACC bierze udział w modyfikacji zachowania w trudnych warunkach poznawczych i fizycznych,

monitoruje emocjonalną reakcję organizmu na bodźce (przyjemne, awersyjne) w połączeniu z korą oczodołową (*orbitofrontal cortex*, OFC), kontroluje autonomiczny układ nerwowy w połączeniu z wyspą oraz moduluje aktywność poznawczą w połączeniu z DLPFC. Smith i Jonides (1999) przyjmują, że aktywność ACC wiąże się z hamowaniem automatycznych reakcji, a DLPFC jest aktywowana w czasie wykonywania zadań wymagających przełączania uwagi między dwoma równocześnie wykonywanymi zadaniami. Podobnych danych dostarczyły wyniki badań Tachibana i wsp. (2012), którzy wykazali znaczącą aktywność DLPFC w czasie wykonywania podwójnego zadania (*dual-task*). Wzrost aktywności ACC i DLPFC w związku z wykonywaniem podwójnego zadania odnotowali również inni autorzy (Dreher i Grafman, 2003; MacDonald *et al.*, 2000). Collette i wsp. (2005) zaobserwowali aktywność sieci czołowo-ciemieniowej w trakcie wykonywania zadania tego typu. Zadania mające na celu ocenę sprawności funkcji wykonawczych niewątpliwie są czułe na uszkodzenia w obrębie płata czołowego, aczkolwiek nie są specyficzne dla tej okolicy, ponieważ prawidłowa praca funkcji wykonawczych wymaga aktywności i koordynacji różnych obszarów mózgu – to niezbędne do zintegrowania tak szerokiego zakresu czynności psychicznych (Rajtar *et al.*, 2014).

Wyuczony wzorzec chodu jest inicjowany w dodatkowym polu ruchowym (*supplementary motor area*, SMA), a następnie angażuje obszary pierwszorzędowej kory sensoromotorycznej, jądra podstawne, mózdzek oraz inne ośrodki pnia mózgu, jak również rdzeń kręgowy (Willingham, 1998).

Warto w tym miejscu podkreślić rolę mózdzku w utrzymywaniu prawidłowego chodu (Fukuyama *et al.*, 1997). Powszechnie wiadomo, że za utrzymanie podstawowej synergii ruchowej odpowiadają przede wszystkim pień mózgu i rdzeń kręgowy. Mózdzek pełni natomiast funkcję kontrolną w uczeniu się, utrzymywaniu i dopasowywaniu wzorca ruchowego; moduluje sekwencję czasową, szybkość i siłę mięśniową (Morton i Bastian, 2004). Ponadto dane kliniczne i neuroobrazowe sugerują, iż mózdzek nie tylko utrzymuje kontrolę motoryczną, lecz także jest zaangażowany w funkcje poznawcze (Stoodley *et al.*, 2012). Odgrywa też kluczową rolę w uczeniu się proceduralnym (Torriero *et al.*, 2007), związanym z nabywaniem nowych sposobów wykonywania określonych zadań (Chrobak *et al.*, 2014). W literaturze pojawia się coraz więcej doniesień z klinicznych obserwacji pacjentów z uszkodzeniem mózdzku prezentujących objawy „mózdkowego zespołu poznawczo-emocjonalnego” (*cerebellar cognitive affective syndrome*, CCAS), w którym występują zaburzenia funkcji wykonawczych, wzrokowo-przestrzennych, językowych i emocjonalnych (Starowicz-Filip *et al.*, 2013). Część badaczy idzie dalej w tych rozważaniach – ich zdaniem rola mózdzku dotyczy raczej predykcyjnych czynności lokomotorycznych aniżeli czynności reaktywnych, regulowanych głównie przez niższe ośrodki nerwowe (Morton i Bastian, 2006).

Jak się okazuje, wzorec aktywności neuronalnej zależy od poziomu trudności chodu. Badania z użyciem metod neuroobrazowych pozwoliły porównać aktywność mózgu ludzi zdrowych w czasie wyobrażania sobie różnych aktywności ruchowych z perspektywy pierwszej osoby. Stanie, inicjowanie chodu oraz chodzenie (bez obecności przeszkód i z ich obecnością), porównywane ze spoczynkiem, wykazywały wspólny wzorec aktywności w korze przedruchowej grzbietowej (*dorsal premotor cortex*, PMd), przedkliniku, lewej DLPFC, lewym dolnym płaciku ciemieniowym (*inferior parietal lobule*, IPL) i prawej tylnej części zakrętu obręczy (*posterior cingulate cortex*, PCC). Ponadto odnotowano aktywację w dodatkowej korze przedruchowej (*pre-supplementary motor area*, pre-SMA) i zakręcie przedśrodkowym w przypadku zadań wymagających wyobrażenia sobie poruszania narządami lokomotorycznymi. Wyobrażenie chodzenia powodowało wzrost aktywności w jądrach podstawnych w stosunku do wyobrażenia inicjowania chodu. Sugeruje to, że struktury podkorowe biorą udział w tych czynnościach lokomotorycznych, które są z natury zautomatyzowane. Wyobrażony chód z przeszkodami w porównaniu z chodzeniem bez przeszkód ujawnił większą aktywność w przedkliniku, lewym SMA, prawej dolnej korze ciemieniowej (*inferior parietal cortex*, IPC) i lewym zakręcie przyhipokampowym.

Omówione badanie dowodzi, iż wraz ze wzrostem intensywności poznawczych procesów przetwarzania informacji obszary wyższych czynności mózgu stopniowo angażują się w zadania lokomotoryczne (Malouin *et al.*, 2003). Przypuszcza się, że zarówno automatyczny ruch, jak i zamierzone zachowanie motoryczne aktywują wszystkie części złożonego systemu różnych obszarów poznawczych. DLPFC monitoruje cel lub plan ruchu, kora ruchowa odpowiada za utrzymanie sekwencji ruchów po otrzymaniu informacji sensorycznych z kory asocjacyjnej styku skroniowo-ciemieniowo-potylicznego. Plan ruchu jest następnie realizowany przez pierwotną korę ruchową przy jednoczesnym podkorowym przetwarzaniu informacji w zwojach podstawy mózgu (zasoby wzorców motorycznych) i mózdzku (kontrola sekwencji czasowej). Później informacje są przekazywane bezpośrednio do neuronów rdzenia kręgowego odpowiadających za kontrolę pracy mięśni (Sheridan i Hausdorff, 2007).

W trakcie rutynowego chodzenia wyuczone programy ruchowe mogą być modyfikowane na podstawie analizy informacji dostarczanych wszystkimi modalnościami zmysłowymi. Modyfikujące bodźce mogą pochodzić zarówno ze środowiska zewnętrznego, jak i ze środowiska wewnętrznego.

ZWIĄZEK DYSFUNKCJI WYKONAWCZYCH Z ZABURZENIAMI CHODU I UPADKAMI

Coraz więcej współczesnych badań wykazuje, że funkcjonowanie poznawcze odgrywa kluczową rolę w regulacji chodu i równowagi u osób starszych (Sheridan i Hausdorff, 2007).

Związek między ogólną sprawnością funkcji poznawczych a ryzykiem upadku został wykazany w licznych badaniach (Gleason *et al.*, 2009; van Schoor *et al.*, 2002). Upadki stanowią częstą przyczynę zachorowalności i śmiertelności w grupie osób starszych cierpiących na otępienie lub łagodne zaburzenia poznawcze. U chorych z otępieniem istnieje dwukrotnie wyższe ryzyko upadku niż u osób zdrowych (Anstey *et al.*, 2006; van Doorn *et al.*, 2003; Mecocci *et al.*, 2004; Oliver *et al.*, 2004).

Chód jest powszechnie uważany za proces automatyczny, nieangażujący funkcji poznawczych. Dlatego to, że wśród pacjentów z otępieniem ryzyko upadków okazuje się znacznie wyższe, może zaskakiwać. Jednak ostatnie doniesienia naukowe podkreślają rolę funkcji poznawczych jako komponenty kontroli motorycznej (Sheridan i Hausdorff, 2007). Lundin-Olsson i wsp. (1997) udowodnili, iż zastosowanie podwójnego zadania (*dual-task*) polegającego na mówieniu w trakcie chodzenia to trafny predyktor upadków. Badani, którzy zatrzymywali się podczas wykonywania dodatkowego zadania poznawczego, czyli mówienia (*stop walking when talking*), mieli wyższe ryzyko upadku. Przywołane badania przyczyniły się m.in. do wzrostu zainteresowania wyższymi funkcjami poznawczymi jako potencjalnymi czynnikami ryzyka upadków (Kearney *et al.*, 2013). Warto w tym miejscu zaznaczyć, że w modyfikacji testu „Wstań i idź” (*Timed Get Up and Go*, TGUG), który służy do oceny równowagi funkcjonalnej, nieprzypadkowo stosuje się próbę z dodatkowym obciążeniem (seryjne odejmowanie 3 od 20 lub 100). W podstawowej wersji testu badany wstaje z krzesła, przechodzi trzy metry, wraca i siada na krzesło. Wynikiem jest czas wykonania całej procedury. W próbie z liczeniem wspak dodatkowo angażowane są funkcje językowe i pamięć operacyjna.

Jak wynika z klinicznych obserwacji autorów niniejszej pracy, zastosowanie dodatkowej próby liczenia wspak nierzadko znacznie wydłuża czas potrzebny do wykonania zadania bądź uniemożliwia jego wykonanie. W rozważaniach na temat potencjalnych poznawczych komponentów kontroli motorycznej należy wspomnieć przede wszystkim o funkcjach wykonawczych. Funkcje wykonawcze to zespół procesów poznawczych, które integrują informacje z różnych obszarów mózgu w celu tworzenia i modulowania złożonych wzorców zachowania. Pełnią one integracyjną funkcję w przetwarzaniu informacji – obejmują elementy poznawcze i behawioralne niezbędne do skutecznego działania, zorientowanego na cel. Stanowi to podstawę umiejętności samodzielnego wykonywania czynności życia codziennego (Stuss i Levine, 2002). Funkcje wykonawcze odpowiadają zatem jednocześnie za planowanie, inicjowanie i monitorowanie działania (Purdy, 2002).

Mimo istnienia licznych koncepcji i definicji EF wielu autorów jest zgodnych, że funkcje te odgrywają rolę w procesie podejmowania decyzji, angażując takie procesy, jak umiejętność rozwiązywania problemów, inicjowania i utrzymywania zadań poznawczych, elastyczność poznawcza (w celu adaptacji do zmieniających się warunków), uwaga i pamięć

operacyjna (Suchy, 2009). W klasycznej koncepcji funkcji wykonawczych, zaproponowanej przez Baddeleya i Hitcha (1974), wyróżniono centralny system wykonawczy – system nadzoru i kontroli przepływu informacji od i do pętli fonologicznej, a także notesu wzrokowo-przestrzennego. Centralny system wykonawczy to najważniejszy element pamięci operacyjnej, który monitoruje przetwarzanie informacji. W nowszej koncepcji Miyake i wsp. (2000) wyodrębnili trzy aspekty funkcji wykonawczych: aktualizację, wygaszanie i przełączanie. Aktualizację definiuje się jako ciągły proces monitorowania, szybkiego dodawania lub zmieniania treści pamięci operacyjnej. Wygaszanie to zdolność do zastępowania odpowiedzi dominującej w danej sytuacji, a przełączanie rozumiane jest jako elastyczność poznawcza, czyli umiejętność przełączania między różnymi zadaniami bądź stanami psychicznymi (Miyake *et al.*, 2000).

Należałoby także wspomnieć o roli procesów uwagi w regulacji chodu. Procesy uwagi dzieli się na odrębne funkcje: selektywność, czujność i przerzutność. Selektywność umożliwia filtrowanie bodźców, czujność oznacza zdolność do utrzymywania uwagi na wykonywaniu danego zadania w określonym czasie, a przerzutność pozwala na szybkie przesunięcie uwagi z jednego zadania na drugie (Rogers, 2006). Zarówno EF, jak i uwaga zaangażowane są w kontrolę motoryczną wówczas, gdy działanie jest celowe i zamierzone. Zdaniem części autorów uwaga i EF to nierozdzielnie związane konstrukty, a funkcje wykonawcze są specyficznym rodzajem uwagi (wykonawcza funkcja uwagi, *executive attentions*) – odnoszącym się do świadomych aktów działania (Mezzacappa, 2004 za: Jodzio, 2008).

Znaczenie uwagi dla chodu dobrze obrazują badania z zastosowaniem wspomnianego paradygmatu podwójnego zadania. Każde dodatkowe zadanie angażuje zasoby uwagi i w konsekwencji powoduje pogorszenie wykonania pozostałych zadań. Zjawisko to tłumaczy teoria zasobów uwagi Kahnemana, zgodnie z którą ludzie dysponują ograniczonymi zasobami uwagi przeznaczonymi do rozdzielania między dwa zadania (Maruszewski, 2001). Wykonywanie dodatkowego zadania poznawczego w czasie chodzenia może prowadzić do spowolnienia chodu lub pogorszenia wykonania zadania poznawczego jedynie w przypadku, kiedy sieci neuronalne zaangażowane w oba procesy zachodzą na siebie (Yogev-Seligmann *et al.*, 2008). Wyniki licznych badań potwierdzają, iż dodanie drugiego, poznawczego zadania w paradygmacie *dual-task* utrudniało chód zarówno w grupie upadających, jak i nieupadających osób starszych (Beauchet *et al.*, 2005; Hausdorff *et al.*, 2008; Springer *et al.*, 2006; Taylor *et al.*, 2013). Co więcej, udowodniono, że szybkość chodu w podwójnych zadaniach koreluje ze sprawnością funkcji wykonawczych: badani, u których stwierdzono niższą sprawność EF, w omawianym paradygmacie chodzili znacznie wolniej. Wyniki te świadczą o istnieniu związku między procesami uwagi, EF i chodem (Coppin *et al.*, 2006). Niezdolność do elastycznego przełączania uwagi

w czasie wykonywania podwójnego zadania może prowadzić do niedostatecznego zaangażowania uwagi w kontrolę chodzenia.

W celu oceny sprawności funkcji wykonawczych często stosuje się Test Łączenia Punktów (*Trail Making Test*, TMT). Jego część A służy do oceny zdolności przeszukiwania wzrokowego, część B – do oceny poziomu pamięci operacyjnej i elastyczności poznawczej (Sánchez-Cubillo *et al.*, 2009). Pijnappels i wsp. (2010) dowiedli, iż osoby często doznające upadków wykonywały część B testu TMT znacznie dłużej niż osoby, które nigdy nie doświadczyły upadku. Do podobnych wniosków doszli Herman i wsp. (2010) – również według ich badań gorsze wykonanie testu wiąże się z większym ryzykiem wielokrotnych upadków. Dodatkowo zaobserwowano, że wśród badanych, którzy nie zgłaszali upadków w przeszłości, ci z najgorszym poziomem EF trzykrotnie częściej doświadczyli upadku w ciągu dwóch lat obserwacji. Z kolei Nevitt i wsp. (1991) donoszą, iż gorsze wykonanie części B testu TMT jest niezależnie związane z doświadczeniem obrażeń w wyniku upadku. Jak się okazuje, sprawność EF wpływa na ryzyko upadków niezależnie od wieku i funkcjonalnej sprawności motorycznej.

W heterogenicznej grupie pacjentów po różnych urazach neurologicznych i ortopedycznych wykazano, że osoby z zachowaną sprawnością EF rzadziej funkcjonują w życiu codziennym w sposób zwiększający ryzyko upadku. Zaburzenia EF mogą sygnalizować konieczność interwencji nawet w przypadku tych pacjentów, u których nie stwierdza się obecności standardowych czynników ryzyka upadków (Rapport *et al.*, 1998). W przeglądzie systematycznym piśmiennictwa Kearney i wsp. (2013) wykazali związek między szybkością chodu a poziomem EF. Autorzy sugerują rozpoznanie zaburzeń EF jako czynnika ryzyka zaburzeń chodu.

Poziom zaangażowania funkcji wykonawczych w kontrolę motoryczną zależy od celu danego działania. Funkcje wykonawcze będą angażowane w trakcie podejmowania nowych czynności bądź modyfikowania uprzednio wyuczonych programów ruchowych, a elastyczność czy kontrola poznawcza – w przypadku nagłej zmiany informacji sensorycznej, takiej jak zmiana nawierzchni drogi bądź osłabienie wzrokowego lub słuchowego przetwarzania informacji.

Zaburzenia EF potencjalnie rzutują na jakość i bezpieczeństwo chodu. Ponadto osłabienie procesów przetwarzania oraz integracji informacji może powodować zwiększone ryzyko upadku. Dysfunkcja zdolności planowania często prowadzi do zagubienia, podjęcia niewłaściwych wyborów bądź nieskutecznych starań na drodze do osiągnięcia celu. Dysfunkcje EF mogą upośledzać zdolność osób starszych do kompensacji zmian w zakresie chodu i równowagi związanych z wiekiem (Yogev-Seligmann *et al.*, 2008).

Zarówno chód, jak i funkcje wykonawcze ulegają osłabieniu wskutek procesów starzenia, co wpływa na jakość życia i funkcjonowania osób starszych oraz ich opiekunów

(Prakash *et al.*, 2009). Osłabienie procesów przetwarzania i modyfikowania informacji i spowolnienie przewodnictwa nerwowego wraz z osłabieniem funkcji układu mięśniowego przekładają się na upośledzenie funkcji układu kontroli postawy, co w konsekwencji wzmacnia ryzyko zaburzeń równowagi i upadków (Skalska, 2011).

Na podstawie powyższych rozważań można przyjąć założenie, że zależność między chodem a funkcjami wykonawczymi jest dwukierunkowa. Z jednej strony obecność zaburzeń chodu trzykrotnie zwiększa ryzyko rozwoju choroby otępiennej (Verghese *et al.*, 2002), z drugiej osoby z otępieniem częściej doświadczają zaburzeń chodu i mają większe ryzyko wystąpienia upadku (van Iersel *et al.*, 2004). Związek między chodem a funkcjami poznawczymi można przedstawić wieloaspektowo. Chód to świadoma aktywność mająca na celu osiągnięcie wyznaczonego celu z zachowaniem odpowiedniej koordynacji kończyn, nierzadko przebiegająca w skomplikowanych warunkach zewnętrznych (Yogev-Seligmann *et al.*, 2008), a zatem prawidłowy, świadomy i ukierunkowany chód wymaga zaangażowania wyższych funkcji poznawczych. Związek ten zaobserwowano w licznych badaniach, w których odnotowano współwystępowanie zaburzeń chodu i równowagi u osób starszych z otępieniem (Merory *et al.*, 2007; Nadkarni *et al.*, 2009). W innym badaniu autorzy konkludują, że to właśnie dysfunkcje wykonawcze wiążą się z większym ryzykiem upadków – nie tylko u osób starszych z otępieniem (Sheridan i Hausdorff, 2007), lecz także u zdrowych ludzi w wieku senioralnym (Herman *et al.*, 2010).

PODSUMOWANIE

Współcześnie powstaje coraz więcej doniesień, które przekonują, że chód jest procesem wymagającym kontroli wyższych funkcji poznawczych, takich jak omówione w pracy funkcje wykonawcze i uwaga. Elastyczność poznawcza, zdolność do planowania działania, uwaga i pamięć operacyjna mają szczególne znaczenie w przypadku nabywania i modyfikowania programów ruchowych bądź nagłej zmiany warunków wewnętrznych i zewnętrznych. W trakcie starzenia się zdolności motoryczne ulegają osłabieniu, a równocześnie pojawiają się dysfunkcje poznawcze, które mogą przyczyniać się do powstawania zaburzeń chodu, zwiększać ryzyko upadków oraz utrudniać nabywanie nowych wzorców ruchowych i stosowanie adaptacyjnych strategii kompensacyjnych. Prawdopodobnie EF, pamięć operacyjna i uwaga angażują częściowo wspólne obwody neuronalne, zlokalizowane głównie w korze przedczołowej i połączone z nią częściach mózgu.

Świadomość wpływu sprawności funkcji poznawczych na utrzymanie prawidłowego chodu ma kluczowe znaczenie w ocenie i profilaktyce zaburzeń chodu i ryzyka upadków. Identyfikacja poznawczych czynników ryzyka może pozwolić na opracowanie skuteczniejszych metod diagnostycznych i terapeutycznych.

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie prawo do tej publikacji.

Piśmiennictwo

- Anstey KJ, von Sanden C, Luszcz MA: An 8-year prospective study of the relationship between cognitive performance and falling in very old adults. *J Am Geriatr Soc* 2006; 54: 1169–1176.
- Baddeley AD, Hitch GJ: Working memory. In: Bower GH (ed.): *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*. Vol. 8, Academic Press, New York 1974: 47–89.
- Beauchet O, Dubost V, Herrmann F *et al.*: Relationship between dual-task related gait changes and intrinsic risk factors for falls among transitional frail older adults. *Aging Clin Exp Res* 2005; 17: 270–275.
- Borzym A: Upadki osób w podeszłym wieku – przyczyny, konsekwencje i zapobieganie. *Psychogeriatr Pol* 2009; 6: 81–88.
- Chrobak AA, Tereszko A, Jeziorko S *et al.*: [Paradigms of procedural learning – a review of selected methods]. *Neuropsychiatr Neuropsychol* 2014; 9: 62–70.
- Collette F, Olivier L, Van der Linden M *et al.*: Involvement of both prefrontal and inferior parietal cortex in dual-task performance. *Brain Res Cogn Brain Res* 2005; 24: 237–251.
- Coppin AK, Shumway-Cook A, Saczynski JS *et al.*: Association of executive function and performance of dual-task physical tests among older adults: analyses from the InChianti study. *Age Ageing* 2006; 35: 619–624.
- van Doorn C, Gruber-Baldini AL, Zimmerman S *et al.*: Dementia as a risk factor for falls and fall injuries among nursing home residents. *J Am Geriatr Soc* 2003; 51: 1213–1218.
- Dreher JC, Grafman J: Dissociating the roles of the rostral anterior cingulate and the lateral prefrontal cortices in performing two tasks simultaneously or successively. *Cereb Cortex* 2003; 13: 329–339.
- Fukuyama H, Ouchi Y, Matsuzaki S *et al.*: Brain functional activity during gait in normal subjects: a SPECT study. *Neurosci Lett* 1997; 228: 183–186.
- Gasquoin PG: Localization of function in anterior cingulate cortex: from psychosurgery to functional neuroimaging. *Neurosci Biobehav Rev* 2013; 37: 340–348.
- Gleason CE, Gangnon RE, Fischer BL *et al.*: Increased risk for falling associated with subtle cognitive impairment: secondary analysis of a randomized clinical trial. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2009; 27: 557–563.
- Hausdorff JM, Schweiger A, Herman T *et al.*: Dual-task decrements in gait: contributing factors among healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2008; 63: 1335–1343.
- Herman T, Mirelman A, Giladi N *et al.*: Executive control deficits as a prodrome to falls in healthy older adults: a prospective study linking thinking, walking, and falling. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2010; 65: 1086–1092.
- van Iersel MB, Hoefsloot W, Munneke M *et al.*: Systematic review of quantitative clinical gait analysis in patients with dementia. *Z Gerontol Geriatr* 2004; 37: 27–32.
- Jodzio K: *Neuropsychologia intencjonalnego działania. Koncepcje funkcji wykonawczych*. Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 2008.
- Kearney F, Harwood R, Gladman J *et al.*: The relationship between executive function and falls and gait abnormalities in older adults: a systematic review. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2013; 36: 20–35.
- Lord SR, Sherrington C, Menz HB *et al.*: *Falls in Older People: Risk Factors and Strategies for Prevention*. Cambridge University Press, Cambridge 2007.
- Lundin-Olsson L, Nyberg L, Gustafson Y: “Stops walking when talking” as a predictor of falls in elderly people. *Lancet* 1997; 349: 617.

- MacDonald AW, Cohen JD, Stenger VA *et al.*: Dissociating the role of the dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex in cognitive control. *Science* 2000; 288: 1835–1838.
- Malouin F, Richards CL, Jackson PL *et al.*: Brain activations during motor imagery of locomotor-related tasks: a PET study. *Hum Brain Mapp* 2003; 19: 47–62.
- Maruszewski T: *Psychologia poznania. Umysł i świat*. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 2001.
- Mecocci P, von Strauss E, Cherubini A *et al.*: Cognitive impairment is the major risk factor for development of geriatric syndromes during hospitalization: results from the GIFA study. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2004; 20: 262–269.
- Merory JR, Wittwer JE, Rowe CC *et al.*: Quantitative gait analysis in patients with dementia with Lewy bodies and Alzheimer's disease. *Gait Posture* 2007; 26: 414–419.
- Mezzacappa E: Alerting, orienting, and executive attention: developmental properties and sociodemographic correlates in an epidemiological sample of young, urban children. *Child Dev* 2004; 75: 1373–1386.
- Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ *et al.*: The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol* 2000; 41: 49–100.
- Morton SM, Bastian AJ: Cerebellar contributions to locomotor adaptations during splitbelt treadmill walking. *J Neurosci* 2006; 26: 9107–9116.
- Morton SM, Bastian AJ: Cerebellar control of balance and locomotion. *Neuroscientist* 2004; 10: 247–259.
- Nadkarni NK, Mawji E, McIlroy WE *et al.*: Spatial and temporal gait parameters in Alzheimer's disease and aging. *Gait Posture* 2009; 30: 452–454.
- Nevitt MC, Cummings SR, Hudes ES: Risk factors for injurious falls: a prospective study. *J Gerontol* 1991; 46: M164–M170.
- Oliver D, Daly F, Martin FC *et al.*: Risk factors and risk assessment tools for falls in hospital in-patients: a systematic review. *Age Ageing* 2004; 33: 122–130.
- Pijnappels M, Delbaere K, Sturnieks DL *et al.*: The association between choice stepping reaction time and falls in older adults – a path analysis model. *Age Ageing* 2010; 39: 99–104.
- Prakash RS, Erickson KI, Colcombe SJ *et al.*: Age-related differences in the involvement of the prefrontal cortex in attentional control. *Brain Cogn* 2009; 71: 328–335.
- Purdy M: Executive function ability in persons with aphasia. *Aphasiology* 2002; 16: 549–557.
- Rajtar AM, Przewoźnik DA, Starowicz-Filip A *et al.*: Dysfunkcje wykonawcze w afatycznych zaburzeniach mowy po udarze mózgu. *Post Psychiatr Neurol* 2014; 23: 41–46.
- Rapport LJ, Hanks RA, Millis SR *et al.*: Executive functioning and predictors of falls in the rehabilitation setting. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79: 629–633.
- Rogers WA: Attention and aging. In: Park DC, Schwarz N (eds.): *Cognitive Aging: A Primer*. Psychology Press, Taylor & Francis Group, 2006: 57–71.
- Rubenstein LZ, Robbins AS, Josephson KR *et al.*: The value of assessing falls in an elderly population. A randomized clinical trial. *Ann Intern Med* 1990; 113: 308–316.
- Sánchez-Cubillo I, Periañez JA, Adrover-Roig D *et al.*: Construct validity of the Trail Making Test: role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *J Int Neuropsychol Soc* 2009; 15: 438–450.
- Sattin RW: Falls among older persons: a public health perspective. *Annu Rev Public Health* 1992; 13: 489–508.
- van Schoor NM, Smit JH, Pluijm SM *et al.*: Different cognitive functions in relation to falls among older persons. Immediate memory as an independent risk factor for falls. *J Clin Epidemiol* 2002; 55: 855–862.
- Shaw FE: Falls in cognitive impairment and dementia. *Clin Geriatr Med* 2002; 18: 159–173.
- Sheridan PL, Hausdorff JM: The role of higher-level cognitive function in gait: executive dysfunction contributes to fall risk in Alzheimer's disease. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2007; 24: 125–137.
- Skalska A: Ograniczenie sprawności funkcjonalnej osób w podeszłym wieku. *Zdrowie Publiczne i Zarządzanie* 2011; 1: 50–59.
- Smith EE, Jonides J: Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science* 1999; 283: 1657–1661.
- Springer S, Giladi N, Peretz C *et al.*: Dual-tasking effects on gait variability: the role of aging, falls, and executive function. *Mov Disord* 2006; 21: 950–957.
- Starowicz-Filip A, Milczarek O, Kwiatkowski S *et al.*: Rola mózdzku w regulacji funkcji poznawczych – ujęcie neuropsychologiczne. *Neuropsychiatr Neuropsychol* 2013; 8: 24–31.
- Stoodley CJ, Valera EM, Schmahmann JD: Functional topography of the cerebellum for motor and cognitive tasks: an fMRI study. *Neuroimage* 2012; 59: 1560–1570.
- Stuss DT, Levine B: Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annu Rev Psychol* 2002; 53: 401–433.
- Suchy Y: Executive functioning: overview, assessment, and research issues for non-neuropsychologists. *Ann Behav Med* 2009; 37: 106–116.
- Tachibana A, Noah JA, Bronner S *et al.*: Activation of dorsolateral prefrontal cortex in a dual neuropsychological screening test: an fMRI approach. *Behav Brain Funct* 2012; 8: 26.
- Taylor ME, Delbaere K, Mikolaizak AS *et al.*: Gait parameter risk factors for falls under simple and dual task conditions in cognitively impaired older people. *Gait Posture* 2013; 37: 126–130.
- Tinetti ME, Williams CS: Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home. *N Engl J Med* 1997; 337: 1279–1284.
- Torriero S, Oliveri M, Koch G *et al.*: Cortical networks of procedural learning: evidence from cerebellar damage. *Neuropsychologia* 2007; 45: 1208–1214.
- Verghese J, Lipton RB, Hall CB *et al.*: Abnormality of gait as a predictor of non-Alzheimer's dementia. *N Engl J Med* 2002; 347: 1761–1768.
- Willingham D: A neuropsychological theory of motor skill learning. *Psychol Rev* 1998; 105: 558–584.
- Yogev-Seligmann G, Hausdorff JM, Giladi N: The role of executive function and attention in gait. *Mov Disord* 2008; 23: 329–342.